

Introduction

Maize (*Zea mays*) is one of the most important agricultural commodities in Indonesia, where it is used as a food and animal feed source and has the potential to contribute significantly to the Indonesian economy (Azrai et al., 2022; Attia et al., 2022). Permasalahan utama dalam pertanian jagung di Indonesia adalah kondisi lahan kering beriklim kering yang ada di beberapa wilayah salah satunya adalah Pulau Madura (Achmad Amzeri et al., 2024). Sebagian besar lahan pertanian jagung di Pulau Madura merupakan lahan kering yang sangat rentan terhadap fluktuasi iklim dengan curah hujan yang tidak merata dan seringkali tidak mencukupi kebutuhan tanaman (Suhartono et al., 2020) (Zaki et al., 2020). Kondisi ini berpotensi menurunkan hasil panen dan kualitas jagung yang berdampak pada ketahanan pangan lokal (Harsono et al., 2020). respons varietas jagung adaptif di lahan kering di Pulau Madura perlu diarahkan pada genotipe yang tidak hanya stabil pada produksi tinggi, tetapi juga memiliki kandungan protein tinggi dan stabil pada kondisi optimal maupun cekaman kekeringan. Penerapan strategi manajemen yang efektif seperti pemilihan varietas jagung yang tahan cekaman kekeringan dan penerapan praktik agronomi yang sesuai sangat dibutuhkan untuk meningkatkan stabilitas produksi pada lahan kering (Ahmad Amzeri et al., 2024).

Interaksi genotipe $\times$ lingkungan ($G \times E$) terjadi ketika genotipe menunjukkan respons yang berbeda terhadap variasi lingkungan sehingga menimbulkan tantangan dalam program pemuliaan tanaman. $G \times E$ memiliki implikasi penting terhadap stabilitas hasil dan adaptasi genotipe pada berbagai kondisi lingkungan (Supriadi et al., 2024)(Greveniotis et al., 2023). Studi multi-lokasi meningkatkan pemahaman $G \times E$ dan mendukung seleksi genotipe yang lebih tepat dan berkelanjutan (Lubanga et al., 2025). Model AMMI dan GGE biplot efektif untuk mengevaluasi kinerja genotipe pada berbagai kondisi lingkungan serta mengungkap pola interaksi genotipe $\times$ lingkungan (Katsenios et al., 2021)(Touré et al., 2025). Uji multi-lingkungan menunjukkan variasi respons genotipe pada berbagai kondisi lingkungan sehingga mendukung perancangan program pemuliaan untuk meningkatkan ketahanan terhadap cekaman lingkungan (Rashid et al., 2025). Pendekatan uji multi-lingkungan tidak hanya memberikan wawasan tentang interaksi genotipe dengan lingkungan tetapi juga membantu meningkatkan akurasi dalam pemilihan varietas unggul dengan karakter yang diinginkan (Gebeyaw et al., 2024)(De Walsche et al., 2025a).

Konsep stabilitas hasil dan adaptabilitas pada uji multilokasi merupakan aspek kunci dalam program pemuliaan tanaman yang bertujuan untuk menghasilkan varietas yang tidak hanya produktif tetapi juga konsisten performanya di berbagai lingkungan. Stabilitas hasil mengacu pada kemampuan suatu genotipe untuk mempertahankan hasil yang tinggi di bawah kondisi lingkungan yang berbeda (Robert et al., 2022)(Dang et al., 2024). Uji multilokasi memberikan gambaran berharga mengenai interaksi genotipe dengan lingkungan ($G \times E$) yang penting untuk menentukan bagaimana genotipe merespons variasi lingkungan dan mempertahankan potensinya (Amzeri et al., 2022)(Saeidnia et al., 2023). Model AMMI dan GGE biplot memungkinkan peneliti mengevaluasi stabilitas genotipe berdasarkan karakter yang diharapkan di berbagai lokasi serta mengidentifikasi genotipe unggul yang adaptif pada lingkungan beragam (Greveniotis et al., 2023). Stabilitas hasil yang tinggi menjaga keberlanjutan produksi dan meningkatkan ketahanan terhadap perubahan iklim serta ketidakpastian lingkungan (Leung et al., 2022; Pradhan et al., 2024). Pemahaman adaptabilitas dan stabilitas genotipe menjadi kunci dalam pengembangan varietas unggul untuk menghadapi tantangan pertanian modern (Zhao et al., 2025).

Penelitian tentang pemilihan jagung hibrida dengan karakter produksi dan kandungan protein biji tinggi yang stabil dalam berbagai lingkungan memberikan pemahaman yang signifikan terhadap interaksi genotipe dengan lingkungan ($G \times E$) dan adaptabilitas genotipe

tersebut. Hasil penelitian sebelumnya telah menunjukkan efektivitas model analisis AMMI dan GGE dalam mengevaluasi stabilitas hasil dan performa genotipe di beberapa lokasi (Bankole et al., 2023), namun masih terdapat tantangan dalam mengidentifikasi jagung hibrida yang tidak hanya mampu beradaptasi tetapi juga mempertahankan karakter yang diharapkan di berbagai kondisi lingkungan. Tanaman harus mampu beradaptasi terhadap perubahan lingkungan pada kondisi iklim yang semakin tidak menentu (Waters et al., 2023) (De Walsche et al., 2025b). Penelitian yang mengevaluasi stabilitas hasil produksi per hektar dan kandungan protein biji jagung hibrida secara bersamaan dalam kondisi optimum dan cekaman kekeringan yang berbeda menggunakan pendekatan AMMI dan GGE terintegrasi masih terbatas. Untuk itu, evaluasi gabungan tersebut sangat penting untuk mengembangkan hibrida dengan karakter produksi per hektar, kandungan protein biji tinggi, dan beradaptasi pada lingkungan yang berbeda (Nascimento et al., 2024)(Supriadi et al., 2024). Penelitian ini bertujuan mengevaluasi adaptabilitas dan stabilitas produksi per hektar dan kandungan protein biji jagung hibrida pada kondisi optimal dan cekaman kekeringan di beberapa lingkungan uji.